

25.09.03

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年 9月 26日

出願番号  
Application Number: 特願 2002-280705

[ST. 10/C] : [JP 2002-280705]

出願人  
Applicant(s): 株式会社東芝

RECD 13 NOV 2003

WIPO

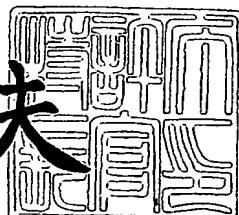
PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 DTY02-012  
【提出日】 平成14年 9月26日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01T 7/00  
【発明の名称】 放射線検出器用蛍光体シートとそれを用いた放射線検出器および放射線検査装置  
【請求項の数】 9  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8番地 株式会社東芝  
横浜事業所内  
【氏名】 小柳津 英二  
【特許出願人】  
【識別番号】 000003078  
【氏名又は名称】 株式会社東芝  
【代理人】  
【識別番号】 100077849  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 須山 佐一  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 014395  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 放射線検出器用蛍光体シートとそれを用いた放射線検出器および放射線検査装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シート状の支持体と、前記支持体上に設けられ、被検体を透過した放射線により発光する蛍光体層とを具備し、放射線検出器の光電変換膜に付設される放射線検出器用蛍光体シートにおいて、

前記蛍光体層はユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体を含有し、かつ前記希土類酸硫化物蛍光体のユーロピウム濃度が0.01～3.5mol%の範囲であることを特徴とする放射線検出器用蛍光体シート。

【請求項 2】 請求項1記載の放射線検出器用蛍光体シートにおいて、前記希土類酸硫化物蛍光体の前記ユーロピウム濃度は0.1～2.0mol%の範囲であることを特徴とする放射線検出器用蛍光体シート。

【請求項 3】 請求項1または請求項2記載の放射線検出器用蛍光体シートにおいて、

前記希土類酸硫化物蛍光体は、ユーロピウム付活酸硫化ガドリニウム蛍光体およびユーロピウム付活酸硫化ルテチウム蛍光体から選ばれる少なくとも1種からなることを特徴とする放射線検出器用蛍光体シート。

【請求項 4】 請求項1ないし請求項3のいずれか1項記載の放射線検出器用蛍光体シートにおいて、

前記蛍光体層は前記希土類酸硫化物蛍光体の粉体塗布層を具備し、かつ前記希土類酸硫化物蛍光体粉体は2～15 $\mu$ mの範囲の平均粒子径を有することを特徴とする放射線検出器用蛍光体シート。

【請求項 5】 被検体を透過した放射線が照射され、前記放射線を光に変換する、請求項1ないし請求項4のいずれか1項記載の蛍光体シートと、

前記蛍光体シートと積層配置され、前記蛍光体シートからの光を電荷に変換する光電変換膜と、

前記光電変換膜に接する複数の画素を有し、前記光電変換膜に生じた電荷を前記複数の画素毎に読み出す電荷情報読み出し部と

を具備することを特徴とする放射線検出器。

**【請求項6】** 請求項5記載の放射線検出器において、  
前記光電変換膜はアモルファスシリコンまたは単結晶シリコンを有することを  
特徴とする放射線検出器。

**【請求項7】** 請求項5または請求項6記載の放射線検出器において、  
前記複数の画素は、それぞれ画素電極と、前記画素電極を介して前記光電変換  
膜に生じた前記電荷を蓄積する電荷蓄積容量と、前記電荷蓄積容量に対応して設  
けられ、かつ前記電荷を読み出すスイッチング素子とを有することを特徴とする  
放射線検出器。

**【請求項8】** 請求項5ないし請求項7のいずれか1項記載の放射線検出器  
において、

前記複数の画素がアレイ状に配列された放射線平面検出器であることを特徴と  
する放射線検出器。

**【請求項9】** 被検体に放射線を照射する放射線源と、  
前記被検体を透過した放射線を検出する、請求項5ないし請求項8のいずれか  
1項記載の放射線検出器と  
を具備することを特徴とする放射線検査装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、医療診断や各種非破壊検査などに使用される放射線検出器用蛍光体  
シートとそれを用いた放射線検出器および放射線検査装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

医療診断や工業用非破壊検査などに利用されるX線撮影には、一般的に増感紙  
／フィルム法が適用されてきた。増感紙／フィルム法は、被検体を透過したX線  
を増感紙で可視光に変換し、この可視光でフィルムを感光させてX線像を得る方  
法であり、フィルム上に形成されたX線像で医療診断や非破壊検査などが実施さ  
れる。一方、近年のデジタル技術の進歩によって、X線画像を電気信号に変換し

、この電気信号を画像処理した後に、可視画像としてC R Tなどに表示させて検査を行う方法が普及しつつある。

#### 【0003】

このようなX線画像をデジタル化して検査を行う方法としては、例えばX線検出器としてX線イメージインテンシファイア (I.I.管) を用いた方法が知られている。X線イメージインテンシファイアは、真空外囲器の両端部にX線を光電子に変換する入力部と光電子を可視光に変換する出力部とを設けたものであり、出力された可視光像はC C Dカメラなどでデジタル化される。しかし、例えば肺の診断では400×400mm程度の領域を撮影することから、このような撮影領域の検査画像を最終的に1インチ程度のC C Dカメラで検出するためにはI.I.管内で高度に集光にする必要があり、装置の大型化などが問題になっている。

#### 【0004】

一方、近年の半導体プロセス技術の進歩に伴って、アレイ状に配列された半導体センサや半導体素子を使用してX線撮影を行うシステムが開発されている。この種のX線撮影システムは、上述したような広範囲な撮影領域に容易に対応できると共に、画像データを直接的にデジタル化することができ、例えば医療分野におけるX線撮影データ（画像データ）のデータベース化などに適しているというだけでなく、従来の感光性フィルムを用いたX線写真システムと比較してダイナミックレンジが広く、X線露光量の変動に画像精度が影響されにくいというような利点を有している。

#### 【0005】

半導体プロセス技術を利用したX線撮影システムにおいては、アレイ状のアモルファスシリコン薄膜トランジスタ (a-Si TFT) をスイッチングゲートに適用したX線平面検出器が用いられている。このようなX線平面検出器としては、X線像を直接電荷情報に変換するX線電荷変換膜を用いた直接変換方式や、X線像を光信号に変換する蛍光体層と光信号を電荷情報に変換する光電変換膜とを用いた間接変換方式とが検討されている。これらのうち、直接変換方式はX線電荷変換膜にa-S e、P b I<sub>2</sub>、H g I<sub>2</sub>などの人体や環境に悪影響を及ぼす物質が用いられることから、間接変換方式のX線平面検出器の実用化が進められて

る（例えば、特許文献1など参照）。

### 【0006】

間接変換方式のX線平面検出器は、例えば光電変換膜とスイッチングゲートとしてのTFTとを組合せた光検出部上に、X線により発光する蛍光体シート（例えばシート状の支持体上に蛍光体塗布層を形成したもの）を配置した構造を有している。このようなX線平面検出器の蛍光発生部としての蛍光体層には、例えば特許文献1に記載されているように、 $Gd_2O_2S:Pr$ のようなプラセオジム付活希土類酸硫化物蛍光体、もしくは $Gd_2O_2S:Tb$ のようなテルビウム付活希土類酸硫化物蛍光体などが用いられている。これらはX線による発光効率が高いことから、X線検出器に一般的に用いられている蛍光体である。

### 【0007】

#### 【特許文献1】

特開2002-90460号公報

### 【0008】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の $Gd_2O_2S:Pr$ 蛍光体や $Gd_2O_2S:Tb$ 蛍光体などの希土類酸硫化物蛍光体を使用した蛍光体シートは、光電変換膜との組合せによる感度を十分に高めることができないという問題を有している。这样的ことから、従来の蛍光体シートを光電変換膜と組合せて構成した間接変換方式のX線平面検出器では、例えば増感紙／フィルム方式やX線イメージインテンシファイア（I.I.管）を用いた撮影系と同等もしくはそれ以下の感度しか得られていないのが現状である。

### 【0009】

本発明はこのような課題に対処するためになされたもので、光電変換膜と組合せて使用する際の感度を高めることを可能にした放射線検出器用蛍光体シート、およびそのような蛍光体シートを用いて放射線感度を高めることによって、放射線画像の精度向上、もしくは被爆線量の低減などを図ることを可能にした放射線検出器と放射線検査装置を提供することを目的としている。

### 【0010】

**【課題を解決するための手段】**

本発明の放射線検出器用蛍光体シートは、請求項1に記載したように、シート状の支持体と、前記支持体上に設けられ、被検体を透過した放射線により発光する蛍光体層とを具備し、放射線検出器の光電変換膜に付設される放射線検出器用蛍光体シートにおいて、前記蛍光体層はユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体を含有し、かつ前記希土類酸硫化物蛍光体のユーロピウム濃度が0.01～3.5mol%の範囲であることを特徴としている。

**【0011】**

本発明の放射線検出器は、請求項5に記載したように、被検体を透過した放射線が照射され、前記放射線を光に変換する、上記した本発明の蛍光体シートと、前記蛍光体シートと積層配置され、前記蛍光体シートからの光を電荷に変換する光電変換膜と、前記光電変換膜に接する複数の画素を有し、前記光電変換膜に生じた電荷を前記複数の画素毎に読み出す電荷情報読み出し部とを具備することを特徴としている。

**【0012】**

本発明の放射線検出器において、光電変換膜には例えば請求項6に記載したようにアモルファスシリコンや単結晶シリコンなどが用いられる。本発明の放射線検出器は、請求項8に記載したように、複数の画素をアレイ状に配列した放射線平面検出器に好適である。また、放射線検査装置は、請求項9に記載したように、被検体に放射線を照射する放射線源と、前記被検体を透過した放射線を検出する、上記した本発明の放射線検出器とを具備することを特徴としている。

**【0013】**

本発明においては、放射線検出器の光電変換膜に付設される放射線検出器用蛍光体シートに、ユーロピウム濃度が0.01～3.5mol%の範囲のユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体を適用している。このようなユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体は、例えばアモルファスシリコンや単結晶シリコンなどを用いた光電変換膜の受光感度分布にマッチングした発光スペクトルを有している。放射線検出器の感度特性は、蛍光体シートを構成する蛍光体の発光スペクトルと光電変換膜の受光感度分布との相互関係で決まるところから、本発明によれば放射線検出器の

感度特性の向上を図ることが可能となる。

### 【0014】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を実施するための形態について説明する。

### 【0015】

図1は本発明の放射線検出器用蛍光体シートと放射線検出器を適用した放射線検査装置の一実施形態の構成を模式的に示す図である。なお、この実施形態では放射線としてX線（もしくはγ線）を用いた装置について主として説明するが、本発明はこれに限られるものではなく、撮影対象によってはβ線や熱中性子線などの放射線を使用することも可能である。

### 【0016】

図1に示す放射線検査装置（X線検査装置）において、1は人体、動物、各種物品などの被検体であり、この被検体1に対してX線管2などの放射線源からX線3などの放射線が照射される。被検体1により吸収もしくは散乱されたX線3は、X線平面検出器4を内蔵するX線画像撮影装置5に照射される。被検体1を透過したX線は、X線平面検出器4で画像信号として検出される。X線画像撮影装置5から出力される画像信号は、画像処理部6でデジタル処理された後、CRTなどのモニタ（表示部）7にX線画像（検査画像）として表示される。

### 【0017】

X線平面検出器4は図2に示すように、蛍光体シート8を具備する蛍光発生部9と光検出部10とから主として構成されている。蛍光体シート8は図3に示すように、プラスチックフィルムや不織布などからなるシート状の支持体11を有しており、このシート状支持体11上に発光層として、後に詳述するユーロピウム（Eu）付活希土類酸硫化物蛍光体を含有する蛍光体層12が設けられている。なお、蛍光体層12上には必要に応じて透明な保護膜、例えば厚さ数μm程度のポリエチレンテレフタレートフィルムなどからなる保護膜を配置してもよいが、蛍光体シート8の鮮鋭度の低下などを抑制する上で、本発明においては保護膜を配置しない方が好ましい。

### 【0018】

シート状支持体11の構成材料としては、例えば酢酸セルロース、プロピオン酸セルロース、酢酸酪酸セルロース、ポリエチレンテレフタレートなどのポリエステル、ポリスチレン、ポリメチルメタクリレート、ポリアミド、ポリイミド、塩化ビニル-酢酸ビニルコポリマー、ポリカーボネートなどの樹脂をフィルム状に成形したものや、紙やアルミニウム板などが用いられる。シート状支持体11には、蛍光体からの光を吸収するように、例えばカーボンブラックのような光吸収物質を練り込んだシートや、逆に蛍光体からの光を反射するように、白色の二酸化チタンや炭酸カルシウムなどの光反射物質を練り込んだシートを使用することができる。これらのうち、特にX線に対する感度を高めるために、光反射物質を練り込んで光反射率を高めたシート状支持体11を用いることが好ましい。

#### 【0019】

このようなシート状支持体11上には、例えば以下のようにして蛍光体層12が形成される。まず、蛍光体粉末を結合剤と共に適当量混合し、これに有機溶剤を加えて適当な粘度の蛍光体塗布液を調製する。この蛍光体塗布液をナイフコータやロールコータなどによりシート状支持体11上に塗布、乾燥することによって、蛍光体粉末の塗布層（粉体塗布層）からなる蛍光体層12が形成される。蛍光体塗布液の調製に使用する結合剤としては、硝化綿、酢酸セルロース、エチセルロース、ポリビニルブチラール、綿状ポリエステル、ポリ酢酸ビニル、塩化ビニリデン-塩化ビニルコポリマー、塩化ビニル-酢酸ビニルコポリマー、ポリアルキル（メタ）アクリレート、ポリカーボネート、ポリウレタン、セルロースアセテートブチレート、ポリビニルアルコールなどが挙げられる。有機溶剤としては、例えばエタノール、メチルエチルエーテル、酢酸ブチル、酢酸エチル、エチルエーテル、キシレンなどが用いられる。蛍光体塗布液には必要に応じて、フタル酸、ステアリン酸などの分散剤や燐酸トリフェニル、フタル酸ジエチルなどの可塑剤を添加してもよい。

#### 【0020】

なお、本発明の蛍光体シート8における蛍光体層12は上記した蛍光体粉末の塗布層（粉体塗布層）に限られるものではなく、場合によっては蛍光体粉末の板状焼結体や蛍光体薄膜（蛍光体を各種の薄膜形成技術により膜化したもの）など

を用いることも可能である。また、蛍光体層12の厚さは特に限定されるものではないが、80～300μmの範囲とすることが好ましい。蛍光体層12の厚さが80μm未満であると、蛍光体層12の厚さ方向に対する蛍光体の量が相対的に少なくなることによって感度が十分に得られない場合がある。一方、蛍光体層12の厚さが300μmを超えるとシート状支持体（シート基材）11と一体化した後の蛍光体シート8の柔軟性が低下するため、必ずしも好ましいとは言えない。

### 【0021】

上述したような蛍光体シート8は図4に示すように、光検出部（X線検出器本体）10上に直接もしくはガラス基板のような透明保護部材を介して積層配置され、これらによってX線平面検出器4が構成されている。すなわち、蛍光体シート8は例えば光透過性接着剤を用いて光検出部10上に接着することによって、光検出部10に対して一体的に付設されて使用されるものである。X線検出器本体を構成する光検出部10は、蛍光体シート8と積層される光電変換膜20と、この光電変換膜20に接して設けられた複数の画素31を有する電荷情報読み出し部30とを具備している。

### 【0022】

光電変換膜20には、例えばアモルファスシリコン（a-Si）や単結晶シリコン（単結晶Si）などの光電変換作用を有する材料が用いられる。光電変換膜20上にはn型コンタクト膜21を介して共通電極22が形成されており、光電変換膜20にバイアス電圧（例えば負の電圧）を印加している。電荷情報読み出し部30は複数の画素31を有しており、これら複数の画素31は例えばアレイ状に配列されている。なお、図4は1つの画素31のみを示しているが、実際には縦横の各辺に数百個から数千個並んだ状態で配列されている。

### 【0023】

アレイ状に配列された各画素31は、それぞれ光電変換膜20側に形成された画素電極32を有し、画素電極32上にはp型コンタクト膜33が形成されている。画素電極32は補助電極34と電気的に接続されており、この補助電極34と電荷蓄積容量電極35とこれらの間に配置された絶縁膜36によって電荷蓄積容量37が構成されている。各画素31は電荷蓄積容量37に対応して設けられ

た、例えばアモルファスシリコン薄膜トランジスタ（a-Si TFT）からなるスイッチング素子38を有している。この実施形態のX線平面検出器4の光検出部10は、このようなスイッチングTFT38をアレイ状に形成したTFTアレイを備えるものである。

#### 【0024】

スイッチングTFT38は、駆動信号をTFT38に送る走査線（図示せず）と電気的に接続されたゲート電極41と、ゲート絶縁用の絶縁膜36と、活性層として用いられるアンドープのa-Si層42と、コンタクト用のn<sup>+</sup>a-Si層43と、補助電極34と電気的に接続されたソース電極44および信号線39に接続されたドレイン電極45とを、例えばガラス基板40上に順に積層形成することにより構成されている。走査線（図示せず）と信号線39はX-Yマトリックス状に形成されており、スイッチングTFT38は走査線駆動回路によってオン／オフが制御される。信号線39の終端は信号線制御回路により制御された切替スイッチ（図示せず）を通して増幅器（図示せず）に接続されている。

#### 【0025】

上述したX線平面検出器4において、蛍光体シート8は被検体1を透過したX線により発光し、この蛍光体シート8から発光された可視光が光検出部10で検出される。すなわち、被検体1を透過したX線はまず蛍光体シート8で可視光に変換され、この可視光は光電変換膜20で電荷に変換される。この電荷は光電変換膜20に電圧が印加されているために、複数の画素31毎の各画素電極32に引き寄せられ、画素電極32を通して電荷蓄積容量37に蓄積される。蓄積された電荷はスイッチングTFT38をオンにすることで、信号線39を通じて増幅器（図示せず）側に転送される。

#### 【0026】

そして、スイッチングTFT38のオン／オフなどを制御し、1画素31毎に電荷を増幅器（図示せず）側に送ることによって、X線画像の画像情報が点順次信号に変換される。このような画像信号は画像処理部6でデジタル処理された後に、CRTなどのモニタ7に送られて、X線画像（検査画像）として表示される。TFTアレイを備える光検出部10を用いたX線平面検出器4は、例えば医療

診断における高面積のX線撮影領域に容易に対応することができ、医療診断におけるX線画像のデジタル化に効果を發揮するものである。また、デジタル信号に変換されたX線画像情報（検査画像情報）は、データベースなどとして保存される。このような検査情報のデータベース化は、例えば複数の医療機関で検査情報を共有する場合などに有効である。

### 【0027】

ここで、光電変換膜20に用いられるa-Siや単結晶Siの受光感度分布は図5に示す通りであり、a-Siは600nm付近を受光ピークとするブロードな受光感度分布を有し、また単結晶Siは700～800nm付近を受光ピークとするブロードな受光感度分布を有する。一方、X線を可視光に変換する蛍光体には前述したように、一般的にX線による発光効率が高いGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Tbのようなテルビウム付活希土類酸硫化物蛍光体が用いられてきた。テルビウム付活希土類酸硫化物蛍光体は、図6に点線で発光スペクトルを示すように、主発光成分が540nm付近に存在することから、a-Siや単結晶Siからなる光電変換膜20の受光感度分布とのマッチングが悪く、これが従来のX線平面検出器における感度特性の低下原因であると考えられる。

### 【0028】

X線平面検出器4の感度特性を高めるためには、被検体1を透過したX線を可視光に変換する蛍光体シート8に、a-Siや単結晶Siからなる光電変換膜20の受光感度分布にあった発光スペクトルを有する発光体を用いることが重要である。そこで、本発明の蛍光体シート8においては、図5に示したa-Siや単結晶Siの受光感度分布にマッチングする発光スペクトルを有する蛍光体として、ユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体を用いている。ユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体の具体例としては、X線吸収効率や発光効率に優れるユーロピウム付活酸硫化ガドリニウム(Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Eu)蛍光体や、X線吸収効率がさらに優れるユーロピウム付活酸硫化ルテチウム(Lu<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Eu)蛍光体などが挙げられる。

### 【0029】

ユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体の発光スペクトルは、図6に実線でG

$\text{d}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Eu}$  蛍光体の発光スペクトルを示すように、主発光成分が630nm付近に存在することから、テルビウム付活希土類酸硫化物蛍光体に比べて  $\text{a-Si}$  や単結晶  $\text{Si}$  からなる光電変換膜 20 の受光感度分布とのマッチング性に優れてい。さらに、ユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体は、例えば図 7 ( $\text{G d}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Eu}$  蛍光体の発光スペクトル) に示すように、ユーロピウム濃度（付活剤濃度）により発光スペクトルが変化することから、ユーロピウム濃度を制御することによって、X線平面検出器 4 の感度特性を高めることができる。

### 【0030】

すなわち、ユーロピウム濃度が少なくなると主発光成分（630nm）の強度は小さくなるが、450～600nmの副発光成分の強度が大きくなる。なお、図 7 の実線は  $\text{Eu}$  濃度が0.1mol%の  $\text{G d}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Eu}$  蛍光体の発光スペクトル、点線は  $\text{Eu}$  濃度が4mol%の  $\text{G d}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Eu}$  蛍光体の発光スペクトルである。X線平面検出器 4 の感度特性は、光電変換膜 20 の受光感度分布と蛍光体シート 8 の蛍光体層 12 を構成する蛍光体の発光スペクトルとの相互関係で決まる。従って、ユーロピウム濃度が少なくなることによる主発光成分の低下分より副発光成分の増加分が勝り、かつそれぞれの波長領域における光電変換膜 20 の受光感度を考慮した上で副発光成分の光量が勝れば感度は向上することになる。

### 【0031】

このようなことから、本発明の蛍光体シート 8 は蛍光体層 12 をユーロピウム濃度が0.01～3.5mol%の範囲のユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体、より具体的にはユーロピウム濃度が0.01～3.5mol%の範囲のユーロピウム付活酸硫化ガドリニウム ( $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Eu}$ ) 蛍光体およびユーロピウム付活酸硫化ルテチウム ( $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Eu}$ ) 蛍光体から選ばれる少なくとも1種で構成している。ユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体のユーロピウム濃度が3.5mol%を超えると450～600nmの副発光成分の強度が小さくなり、感度特性を十分に高めることができない。一方、ユーロピウム濃度が0.01mol%未満であると、発光強度自体が低くなりすぎて感度特性が低下してしまう。

### 【0032】

ユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体のユーロピウム濃度は、特に発光強度

と光電変換膜20とのマッチング性に優れる0.1~2.0mol%の範囲とすることがより好ましく、さらに望ましくは0.2~1.6mol%の範囲である。希土類酸硫化物蛍光体のユーロピウム濃度はICP質量分析法やICP発光分光分析法などにより定量分析することができる。また、蛍光体シート8の蛍光体層12はその感度と鮮鋭度を考慮して、平均粒子径が2~15 $\mu$ mの範囲のユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体粉末で構成することが好ましい。希土類酸硫化物蛍光体粉末の平均粒子径が15 $\mu$ mを超えると、得られる画像の粒状性が低下して鮮鋭度が悪くなる。一方、希土類酸硫化物蛍光体粉末の平均粒子径が2 $\mu$ m未満であると鮮鋭度は向上するものの、発光輝度が低下して感度特性が悪くなる。希土類酸硫化物蛍光体粉末の平均粒子径は6~10 $\mu$ mの範囲であることがより好ましい。

#### 【0033】

なお、蛍光体シート8の蛍光体層12は、必ずしもユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体単独で構成しなければならぬものではなく、例えばGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Tbのようなテルビウム付活希土類酸硫化物蛍光体との混合物で蛍光体層12を形成してもよい。ただし、このような混合蛍光体を使用する場合には、ユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体を50質量%以上の割合で使用するものとする。ユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体の割合が50質量%未満であると、上述したような感度特性の向上効果を十分に得ることができない。

#### 【0034】

上述したように、本発明の放射線検出器用蛍光体シート8は、X線が照射された際の発光効率が高く、しかもa-Siや単結晶Siからなる光電変換膜20の受光感度分布にマッチングした発光スペクトルを有する蛍光体、すなわちユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体を用いているため、蛍光体シート8と光電変換膜20とを組合せて構成したX線平面検出器4の感度特性を効果的に高めることができる。従って、このようなX線平面検出器4を用いたX線検査装置5によれば、X線量（医療診断においてはX線の被爆線量）の低減を図った上で、医療診断や工業用途の非破壊検査などにおけるX線撮影の画像精度、さらには検査精度を向上させることが可能となる。

#### 【0035】

なお、上述した実施形態では本発明の放射線検出器をX線平面検出器（スイッチングTFT38を有する複数の画素31をアレイ状に配列したもの）に適用した例について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、スイッチングTFT38を有する複数の画素31をライン状に配列したX線検出器、いわゆるラインセンサなどに適用することもできる。

### 【0036】

#### 【実施例】

次に、本発明の具体的な実施例について説明する。

### 【0037】

#### 実施例1

平均粒子径が $8\mu\text{m}$ のGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu蛍光体（Eu濃度=0.5mol%）を用意し、このGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu蛍光体粉末10重量部に、結合剤としてポリビニルブチラール樹脂1重量部と有機溶剤として適当量の酢酸エチルを混合して、蛍光体塗布液を調製した。この蛍光体塗布液を縦400mm×横300mm×厚さ250 $\mu\text{m}$ の白色ポリエチレンテレフタレートフィルム（二酸化チタンを配合）からなるシート基材に、乾燥後の蛍光体塗布質量が900g/m<sup>2</sup>（90mg/cm<sup>2</sup>）、塗布膜厚が約200 $\mu\text{m}$ となるようにナイフコータで均一に塗布、乾燥させて蛍光体層を形成した。このようにして得た蛍光体シートを後述する特性評価に供した。

### 【0038】

#### 実施例2

実施例1の蛍光体に代えて、Eu濃度が0.5mol%のLu<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu蛍光体を使用する以外は、実施例1と同様にして蛍光体シートを作製した。このLu<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu蛍光体を用いた蛍光体シートを、後述する特性評価に供した。

### 【0039】

#### 比較例1

実施例1の蛍光体に代えて、Tb濃度が0.5mol%のGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb蛍光体を使用する以外は、実施例1と同様にして蛍光体シートを作製した。このGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb蛍光体を用いた蛍光体シートを、後述する特性評価に供した。

### 【0040】

上述した実施例1、2および比較例1の各蛍光体シートを、a-Siからなる光電変換膜を有するX線検出器本体（図2や図4に示した光検出部10/TFTアレイ上に光電変換膜を形成したもの）上に積層（接着）することによって、図2や図4に示したX線平面検出器4を作製した。TFTアレイを備える光検出部10は蛍光体シートと同面積を有している。このX線平面検出器4を用いて図1に示したX線検査装置（X線撮影システム）を構成し、X線照射時の感度特性と鮮鋭度特性を測定、評価した。これらの測定結果を表1に示す。なお、表1の感度および鮮鋭度は比較例1の測定結果を100とした場合の相対値である。

#### 【0041】

【表1】

	蛍光体		相対感度	相対鮮鋭度
	組成	付活剤濃度 (mol%)		
実施例1	Gd <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Eu	Eu=0.5	120	100
実施例2	Lu <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Eu	Eu=0.5	119	105
比較例1	Gd <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Tb	Tb=0.5	100	100

#### 【0042】

表1から明らかなように、Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu蛍光体やLu<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu蛍光体を用いた蛍光体シートは、従来のGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb蛍光体を用いた蛍光体シートに比べて、a-Siからなる光電変換膜と組合せて使用した場合の感度特性に優れていることが分かる。

#### 【0043】

#### 実施例3、4

実施例1の蛍光体に代えて、Eu濃度が0.01mol%のGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu蛍光体（実施例3）、およびEu濃度が3.5mol%のGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu蛍光体（実施例4）を使用する以外は、実施例1と同様にして蛍光体シートを作製した。これらの蛍光体シートの感度と鮮鋭度を実施例1と同様にして測定した。その結果を表2に示す。なお、表2の感度および鮮鋭度は、比較例1の測定結果を100とした場合の相対値である。

#### 【0044】

## 比較例 2、3

実施例 1 の蛍光体に代えて、Eu 濃度が 0.005mol% の  $Gd_2O_2S:Eu$  蛍光体（比較例 2）、および Eu 濃度が 7.5mol% の  $Gd_2O_2S:Eu$  蛍光体（比較例 3）を使用する以外は、実施例 1 と同様にして蛍光体シートを作製した。これらの蛍光体シートの感度と鮮鋭度を実施例 1 と同様にして測定した。その結果を表 2 に示す。なお、表 2 の感度および鮮鋭度は、比較例 1 の測定結果を 100 とした場合の相対値である。また、 $Gd_2O_2S:Eu$  蛍光体の Eu 濃度と感度との関係を図 8 に示す。

## 【0045】

【表 2】

	蛍光体		相対感度	相対鮮鋭度
	組成	付活剤濃度 (mol%)		
実施例 1	$Gd_2O_2S:Eu$	Eu=0.5	120	100
実施例 3	$Gd_2O_2S:Eu$	Eu=0.01	103	101
実施例 4	$Gd_2O_2S:Eu$	Eu=3.5	105	100
比較例 2	$Gd_2O_2S:Eu$	Eu=0.005	95	99
比較例 3	$Gd_2O_2S:Eu$	Eu=7.5	94	100

## 【0046】

表 2 および図 8 から明らかなように、Eu 濃度を 0.01~3.5mol% の範囲に制御した  $Gd_2O_2S:Eu$  蛍光体を用いた蛍光体シートによれば、a-Si からなる光電変換膜と組合せて使用した場合の感度特性を再現性よく高めることが可能となる。なお、 $Lu_2O_2S:Eu$  蛍光体を用いた場合にも同様な傾向を示すことを確認した。

## 【0047】

## 実施例 5~8

実施例 1 の蛍光体に代えて、平均粒子径が  $2\mu m$  の  $Gd_2O_2S:Eu$  蛍光体（実施例 5）、平均粒子径が  $15\mu m$  の  $Gd_2O_2S:Eu$  蛍光体（実施例 6）、平均粒子径が  $0.5\mu m$  の  $Gd_2O_2S:Eu$  蛍光体（実施例 7）、および平均粒子径が  $25\mu m$  の  $Gd_2O_2S:Eu$  蛍光体（実施例 8）を使用する以外は、実施例 1 と同様に

して蛍光体シートを作製した。なお、各  $Gd_2O_2S : Eu$  蛍光体の  $Eu$  濃度はいずれも 0.5mol% である。これらの蛍光体シートの感度と鮮鋭度を実施例 1 と同様にして測定した。その結果を表 3 に示す。なお、表 3 の感度および鮮鋭度は、比較例 1 の測定結果を 100 とした場合の相対値である。また、 $Gd_2O_2S : Eu$  蛍光体の平均粒子径と感度との関係を図 9 に、感度と鮮鋭度との関係を図 10 に示す。

### 【0048】

【表 3】

	蛍光体			相対感度	相対鮮鋭度
	組成	付活剤濃度 (mol%)	平均粒子径 ( $\mu m$ )		
実施例 1	$Gd_2O_2S : Eu$	$Eu=0.5$	8	120	100
実施例 5	$Gd_2O_2S : Eu$	$Eu=0.5$	2	102	118
実施例 6	$Gd_2O_2S : Eu$	$Eu=0.5$	15	133	90
実施例 7	$Gd_2O_2S : Eu$	$Eu=0.5$	0.5	92	129
実施例 8	$Gd_2O_2S : Eu$	$Eu=0.5$	25	140	87
比較例 1	$Gd_2O_2S : Tb$	$Tb=0.5$	8	100	100

### 【0049】

表 3 から明らかなように、 $Gd_2O_2S : Eu$  蛍光体の平均粒子径は感度と鮮鋭度の兼合いから 2~15  $\mu m$  の範囲とすることが好ましいことが分かる。この点については図 9 および図 10 からも明らかであり、感度は蛍光体の平均粒子径を大きくするほど向上する（図 9）が、その反面鮮鋭度は感度の上昇（平均粒子径の増大）と共に低下する（図 10）ため、感度と鮮鋭度の両特性を考慮してユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体の平均粒子径は 2~15  $\mu m$  の範囲とすることが好ましい。ただし、鮮鋭度は多少犠牲にしても感度をより一層高めたい場合には、実施例 8 に示したような蛍光体を用いることができ、また感度は多少犠牲にしても鮮鋭度をより一層高めたい場合には、実施例 7 に示したような蛍光体を用いることができる。

### 【0050】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の放射線検出器用蛍光体シートは、放射線検出器

の光電変換膜に対するマッチング性に優れることから、放射線の検出感度を高めることができる。従って、このような放射線検出器用蛍光体シートを用いた放射線検出器および放射線検査装置によれば、高精度の放射線画像を低放射線量で得ることが可能となる。これは医療診断用放射線撮影をはじめとする各種の放射線撮影において、検査情報の増大や検査精度の向上などに寄与するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の放射線検出器用蛍光体シートと放射線検出器を適用した放射線検査装置（X線検査装置）の一実施形態の構成を模式的に示す図である。

【図2】 図1に示すX線検査装置に用いたX線検出器の概略構成を示す図である。

【図3】 図2に示すX線検出器に用いた蛍光体シートの構成を示す断面図である。

【図4】 図2に示すX線検出器の要部構成を示す断面図である。

【図5】 図4に示すX線検出器に用いられる光電変換膜の受光感度分布を示す図である。

【図6】  $Gd_2O_2S : Eu$  蛍光体の発光スペクトルを  $Gd_2O_2S : Tb$  蛍光体と比較して示す図である。

【図7】  $Gd_2O_2S : Eu$  蛍光体の  $Eu$  濃度による発光スペクトルを示す図である。

【図8】 本発明の実施例による蛍光体シートの  $Gd_2O_2S : Eu$  蛍光体の  $Eu$  濃度と感度との関係を示す図である。

【図9】 本発明の実施例による蛍光体シートの  $Gd_2O_2S : Eu$  蛍光体の平均粒子径と感度との関係を示す図である。

【図10】 本発明の実施例による蛍光体シートの感度と鮮銳度との関係を示す図である。

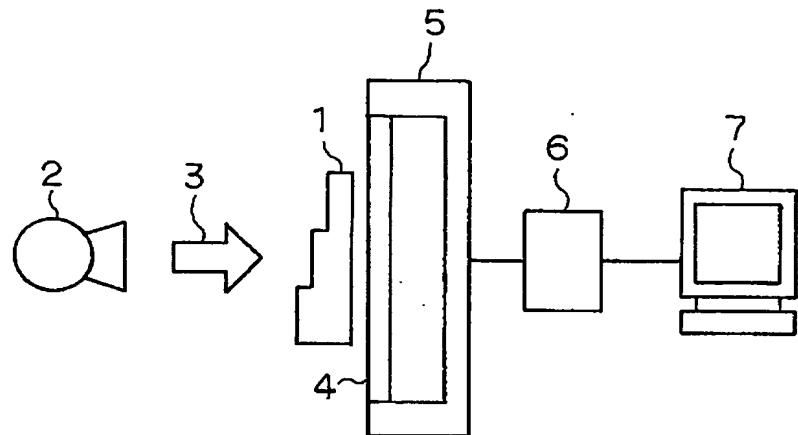
【符号の説明】

1 ……被検体, 2 ……X線管, 3 ……X線, 4 ……X線検出器, 8 ……発光体シート, 9 ……蛍光発生部, 10 ……光検出部, 11 ……シート状支持体, 12 ……蛍光体層, 20 ……光電変換膜, 30 ……画像情報読み出し部, 31 ……

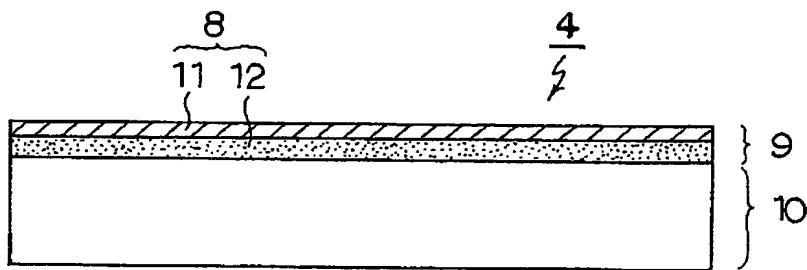
画素, 32……画素電極, 37……電荷蓄積容量, 38……スイッチングTFT

【書類名】 図面

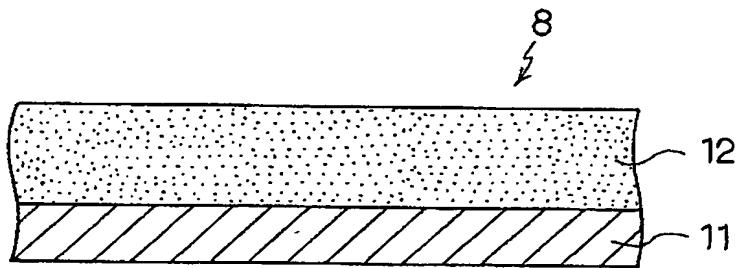
【図 1】



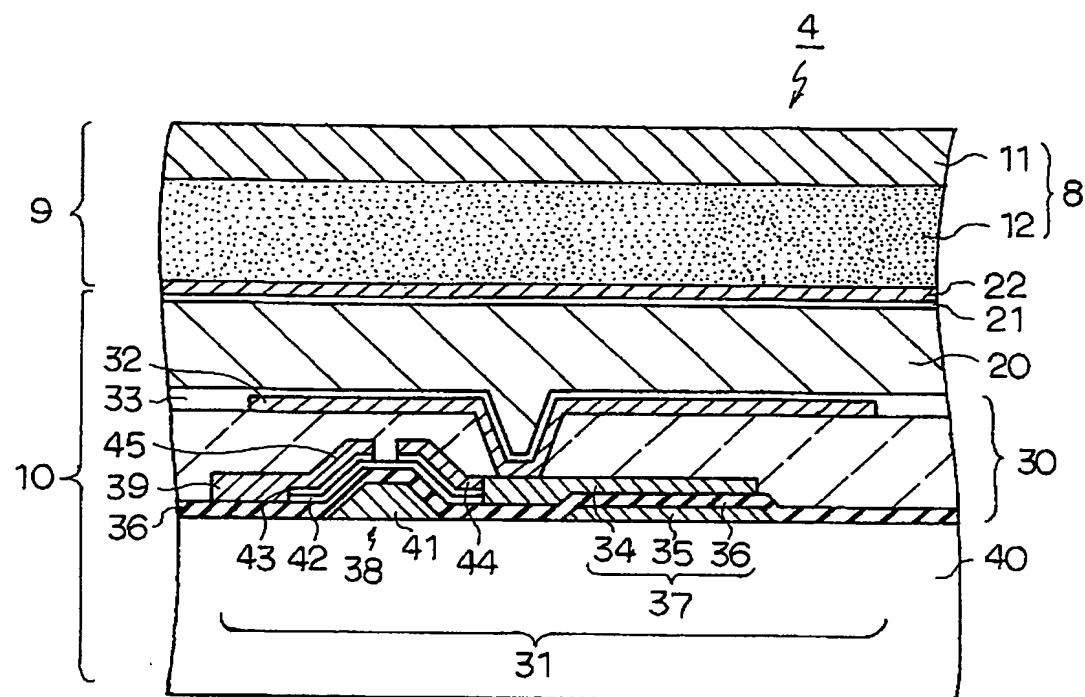
【図 2】



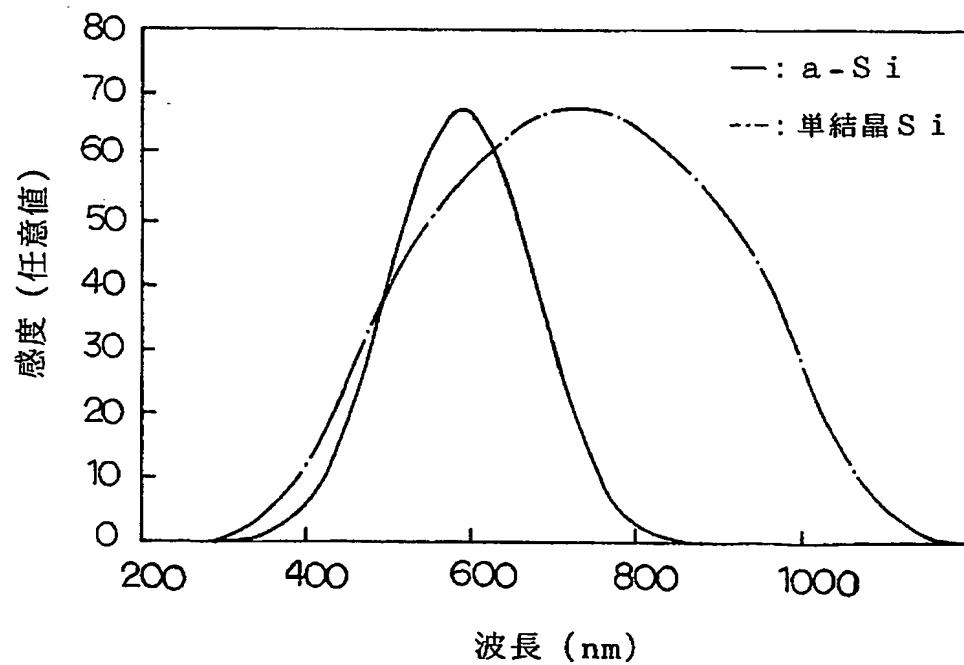
【図 3】



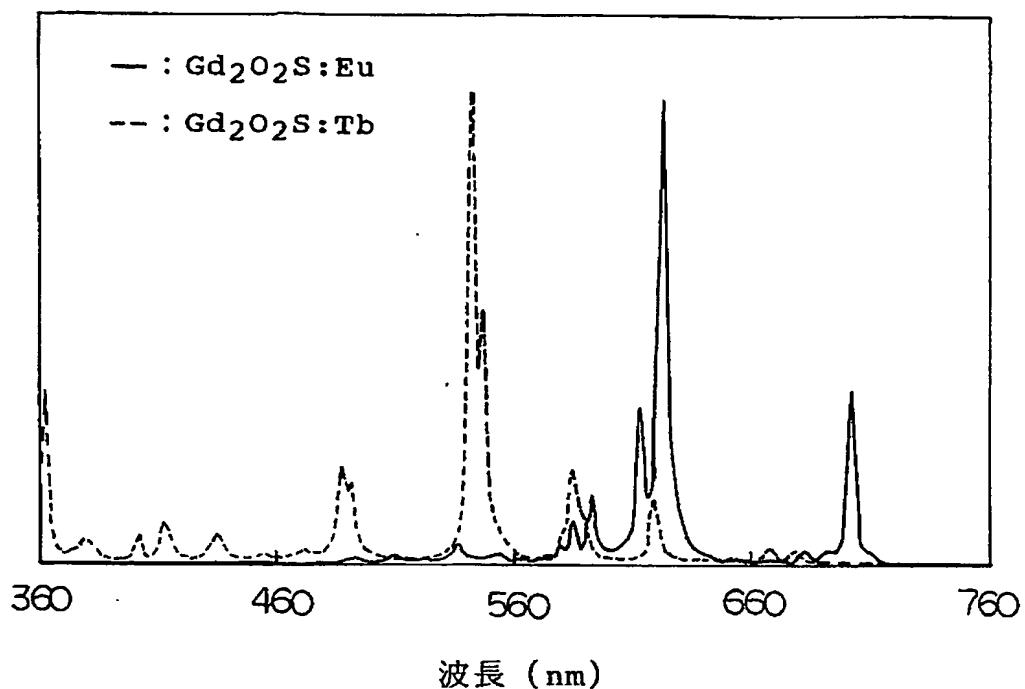
【図4】



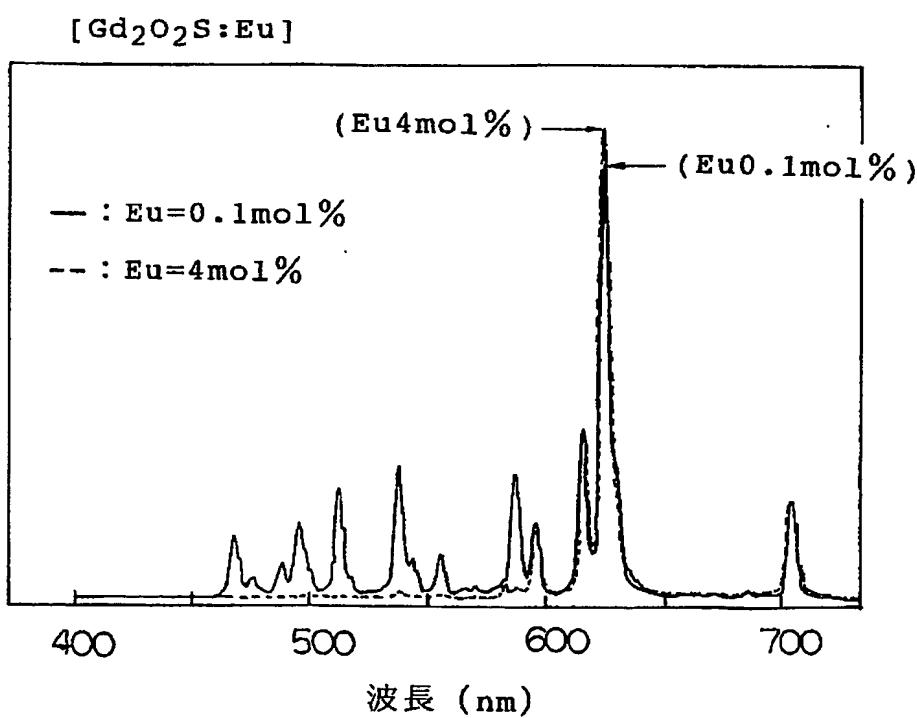
【図5】



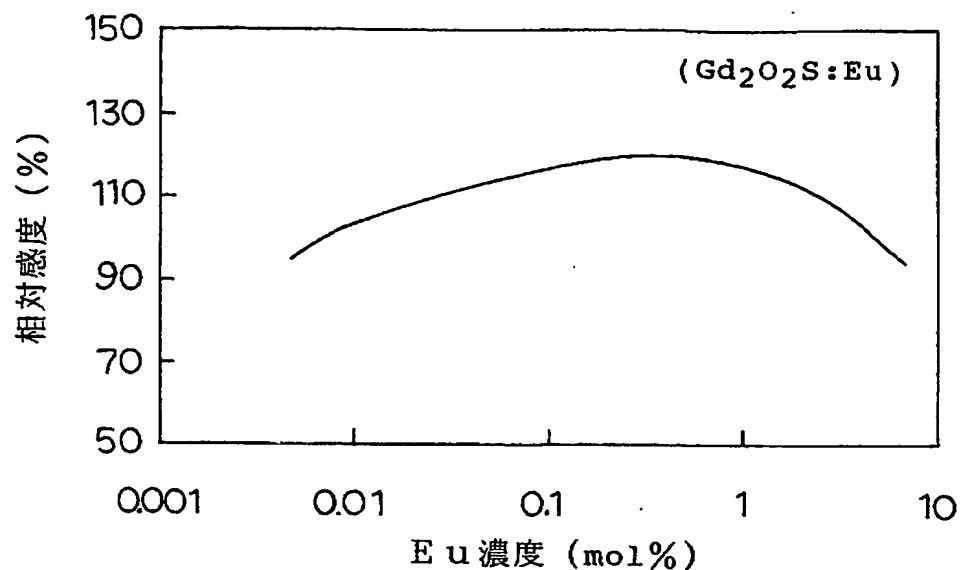
【図6】



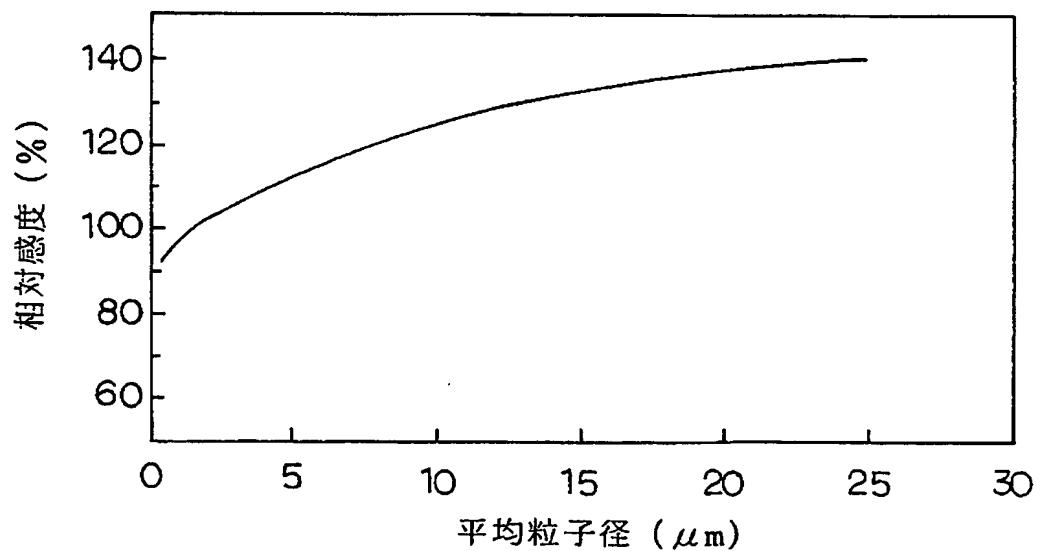
【図7】



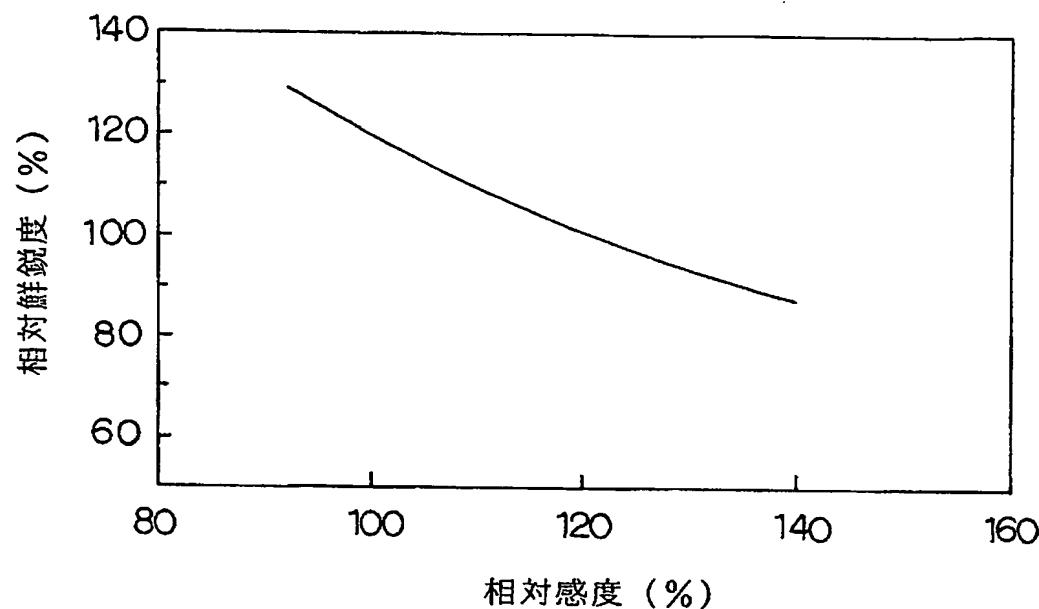
【図8】



【図9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 放射線検出器用蛍光体シートの光電変換膜と組合せて使用する際の感度を高め、放射線検出器の感度特性の向上を図る。

【解決手段】 放射線検出器4の光電変換膜20に付設して用いられる放射線検出器用蛍光体シート8は、シート状支持体11上に設けられ、ユーロピウム濃度が0.01～3.5mol%の範囲のユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体を含有する蛍光体層12を具備する。放射線検出器4は、被検体を透過した放射線が照射され、この放射線を光に変換する蛍光体シート（ユーロピウム付活希土類酸硫化物蛍光体を含有）8と、蛍光体シート8からの光を電荷に変換する光電変換膜20と、光電変換膜20に生じた電荷を複数の画素31毎に読み出す電荷情報読み出し部30とを具備する。

【選択図】 図4

特願 2002-280705

出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 2001年 7月 2日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
氏 名 株式会社東芝